

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 2000-343476  
 (43) Date of publication of application : 12. 12. 2000

(51) Int. Cl. B25J 15/08  
 H01L 21/68

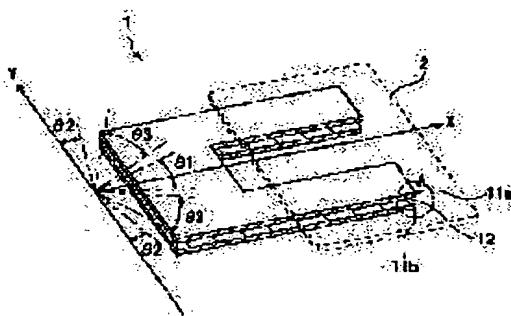
(21) Application number : 11-162623 (71) Applicant : NIPPON MITSUBISHI OIL CORP  
 (22) Date of filing : 09. 06. 1999 (72) Inventor : AOYANAGI KENICHI  
 KOBAYASHI TAKASHI  
 UCHIDA DAISUKE

## (54) CARRYING MEMBER

### (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a carrying member which is light, easy to be used, very excellent in flexural rigidity, vibration damping characteristic and heat resisting characteristic, and fully appropriate for use in carrying a large base plate or the like in the high temperature environment.

**SOLUTION:** This carrying member 1 has skin layers 11a and 11b made of CFRP(carbon fiber reinforced plastic) and a core layer 12 laminated. The skin layers 11a and 11b comprise a prepreg (a first CFRP layer) which is oriented in a angle range  $\theta_1$  of  $-20^\circ$  to  $+20^\circ$  to a longitudinal direction (an X axis direction) of the carrying member 1 and contains pitch-based carbon fiber (a first carbon fiber) with tensile elastic modulus of 500–1000 GPa, and a prepreg (a second CFRP layer) which is oriented in a angle range  $\theta_2$  of  $+75^\circ$  to  $+90^\circ$  and/or  $-75^\circ$  to  $-90^\circ$  to the longitudinal direction and contains PAN-based carbon fiber (a second carbon fiber) with tensile elastic modulus of 200–400 GPa.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17. 12. 2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 20. 10. 2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2004-23802

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 19.11.2004

[Date of extinction of right]

Copyright (C) : 1998, 2003 Japan Patent Office

(51) Int. Cl. 7

B25J 15/08

H01L 21/68

識別記号

F I

B25J 15/08

H01L 21/68

テマコード (参考)

Z 3F061

A 5F031

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全11頁)

(21) 出願番号 特願平11-162623

(22) 出願日 平成11年6月9日 (1999. 6. 9)

(71) 出願人 000004444

日石三菱株式会社

東京都港区西新橋1丁目3番12号

(72) 発明者 青柳 健一

神奈川県横浜市中区千鳥町8番地 日石三菱株式会社中央技術研究所内

(72) 発明者 小林 孝至

神奈川県横浜市中区千鳥町8番地 日石三菱株式会社中央技術研究所内

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外2名)

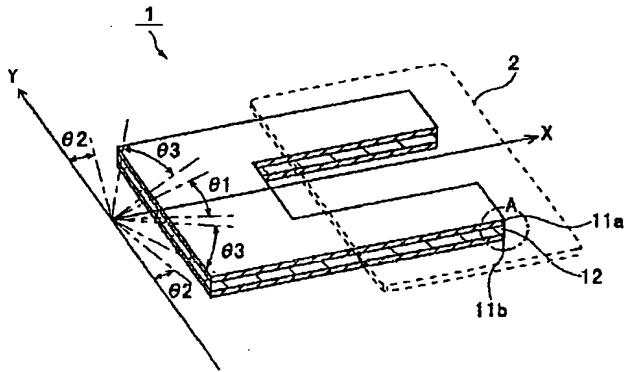
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】搬送用部材

## (57) 【要約】

**【課題】** 軽量で取扱いやすいとともに、曲げ剛性、振動減衰特性及び耐熱特性に極めて優れ、高温環境下で大型の基板等を搬送する用途に十分適した搬送用部材を提供する。

**【解決手段】** 本発明の搬送用部材1は、CFRPから成るスキン層11a, 11bと、コア層12とが積層されたものあって、スキン層11a, 11bは、当該搬送用部材1の長手方向(X軸方向)に対して-20° ~ +20° の角度範囲θ1に配向し且つ引張弾性率が500 ~ 1000 GPaであるピッチ系炭素繊維(第1の炭素繊維)を含有するプリプレグ111(第1のCFRP層)と、上記長手方向に対して+75° ~ +90° 及び/又は-75° ~ -90° の角度範囲θ2に配向し且つ引張弾性率が200 ~ 400 GPaであるPAN系炭素繊維(第2の炭素繊維)を含有するプリプレグ112(第2のCFRP層)とを有することを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 炭素繊維強化プラスチックから成るスキン層と、コア層とが積層された搬送用部材であって、前記スキン層は、当該搬送用部材の長手方向に対して $-20^{\circ} \sim +20^{\circ}$ の角度範囲に配向し且つ引張弾性率が500~1000GPaである第1の炭素繊維を含有する第1の炭素繊維強化プラスチック層と、前記長手方向に対して $+75^{\circ} \sim +90^{\circ}$ 及び/又は $-75^{\circ} \sim -90^{\circ}$ の角度範囲に配向し且つ引張弾性率が200~400GPaである第2の炭素繊維を含有する第2の炭素繊維強化プラスチック層と、を有することを特徴とする搬送用部材。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、搬送用部材に関し、詳しくは、産業用ロボット等に使用される搬送用部材、特に、半導体ウエハや液晶ガラス基板等を焼成処理用炉の内外に搬送する際に使用される搬送用部材に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 半導体ウエハや液晶ガラス基板等（以下、「基板等」という）を高温（300℃程度）の焼成処理用炉内に搬送するために、産業用ロボットが広く利用されている。近年、上記基板等の大型化に伴い、産業用ロボットにおけるそれら基板等が積載される部材、例えば、ロボットハンドやエフェクターと呼ばれる搬送用部材には、同等の曲げ剛性（曲げにくさ）を有する金属部材に比して、軽量で取り扱いやすい炭素繊維強化プラスチック（以下、「CFRP」という）が使用され始めている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記従来のCFRP製の搬送用部材は、曲げ剛性、振動減衰特性（振動しにくさ）、耐熱特性等の観点から、高温環境下で大型の基板等を搬送する用途には、必ずしも十分に適しているとは言えなかった。

【0004】 そこで、本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであり、軽量で取扱いやすいとともに、曲げ剛性、振動減衰特性及び耐熱特性に極めて優れ、高温環境下で大型の基板等を搬送する用途に十分適した搬送用部材を提供することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明者らは、上記目的を達成すべく鋭意研究を重ねた結果、炭素繊維の配向方向及び引張弾性率が異なるCFRPを組み合わせることにより、単一部材の曲げ剛性を高めなくとも、搬送用部材の上記諸特性を改善できることを見出し、本発明に到達した。すなわち、本発明の搬送用部材は、CFRPから成るスキン層と、コア層とが積層された搬送用部材であって、スキン層は、搬送用部材の長手方向に対して $-20^{\circ} \sim +20^{\circ}$ 、好ましくは $-10^{\circ} \sim +10^{\circ}$ の角度範囲に配向し且つ引張弾性率が500~1000GPaである第1の炭素繊維を含有する第1のCFRP層と、長手方向に対して $+75^{\circ} \sim +90^{\circ}$ 及び/又は $-75^{\circ} \sim -90^{\circ}$ 、好ましくは $+80^{\circ} \sim +90^{\circ}$ 及び/又は $-80^{\circ} \sim -90^{\circ}$ の角度範囲に配向し且つ引張弾性率が200~400GPaである第2の炭素繊維を含有する第2のCFRP層と、を有することを特徴とする。なお、本発明の搬送用部材は板状部材であっても筒状部材であってもよく、筒状部材である場合には、その軸方向を上記長手方向とする。

【0006】 このように構成された本発明の搬送用部材においては、第1のCFRP層及び第2のCFRP層のいずれかを単独で用いた場合に比して、両者の組み合わせによる相乗効果によって、それらの引張弾性率から想定される以上に優れた曲げ剛性が得られる。また、上記引張弾性率を有する第1のCFRP層は対数振動減衰率が高く、搬送用部材の振動減衰特性を向上させることができることに加え、上記のように第2のCFRP層を組み合わせて曲げ剛性が格段に向上されるので、曲げ振動に対する振動減衰特性が格別に向上する。さらに、曲げ剛性が格段に向上されるので、例えば、搬送用部材を電気炉へ出し入れする際の熱衝撃によって搬送用部材に熱荷重が印加されても、反りやたわみの発生を最小限に抑えることができる。またさらに、曲げ剛性及び曲げ振動に対する振動減衰特性が格段に向上するので、CFRPの使用量を低減し、搬送用部材をより軽量で取扱いやすいものにすることも可能である。さらにまた、スキン層及び/又はコア層に、第1の炭素繊維及び第2の炭素繊維の配向方向に対して $+30^{\circ} \sim +60^{\circ}$ 及び/又は $-30^{\circ} \sim -60^{\circ}$ の方向に配向する他の炭素繊維（例えば、後述する第3の炭素繊維）を更に含有させることにより、搬送用部材のねじれに対する剛性（ねじれにくさ；以下「ねじれ剛性」という）を高めることも可能となる。このようにねじれ剛性が高められると、ねじれ振動が低減され、ねじれ振動に対する搬送用部材の振動減衰特性をも向上させることができる。

【0007】 また、第1の炭素繊維がピッチ系炭素繊維であり、第2の炭素繊維がポリアクリロニトリル系（以下、「PAN系」という）炭素繊維であることが望ましい。ピッチ系炭素繊維は上記第1の炭素繊維に求められる上記引張弾性率を極めて達成しやすく、また、PAN系炭素繊維は上記第2の炭素繊維に求められる上記引張弾性率を達成するのに適している。よって、ピッチ系炭素繊維及びPAN系炭素繊維を、それぞれ第1の炭素繊維及び第2の炭素繊維として用いることにより、上記第1のCFRP層及び上記第2のCFRP層を確実に得ることができる。したがって、搬送用部材の曲げ剛性及び振動減衰特性を十分に改善することが可能となる。

【0008】 さらに、スキン層を構成する第1のCFR

P層の体積が、スキン層全体の体積の50～80容量%であり、スキン層を構成する第2のCFRP層の体積が、スキン層全体の体積の20～50容量%であると好適である。第1のCFRP層の体積と第2のCFRP層の体積との割合が、上記の体積割合の範囲を外れると、搬送用部材の長手方向及び短手方向のうちいずれか一方の曲げ剛性が他方向よりも極端に高められることとなる。したがって、第1のCFRP層と第2のCFRP層との体積割合を上記の範囲とすることにより、搬送用部材の長手方向及び短手方向における曲げ剛性のバランスが良好に保たれる。また、搬送用部材は、通常、特に長

$$\text{式 (1)} \quad (T_s + T_c) \times 0.2$$

この $T_s$ が $((T_s + T_c) \times 0.2)$ 未満であると、十分な曲げ剛性及び振動減衰特性が得られない一方、 $T_s$ が $((T_s + T_c) \times 0.4)$ を超えると、必要以上に十分な曲げ剛性及び振動減衰特性が得られ、且つ、スキン層の厚さの増加に対して曲げ剛性の増大傾向が緩慢となる傾向にある。したがって、上記式(1)を満たすようにスキン層とコア層の厚みを調節することにより、必要最小限のCFRP使用量で十分な曲げ剛性及び振動減衰特性を達成することができ、また、軽量化及び経済性の観点からも有用である。

**【0011】**さらにまた、コア層は、長手方向に対して $+30^\circ \sim +60^\circ$ 及び/又は $-30^\circ \sim -60^\circ$ の角度範囲に配向し且つ引張弾性率が500～1000GPaである第3の炭素繊維を含有する第3のCFRP層を備えるとより好適である。このようにすれば、第3の炭素繊維が、第1の炭素繊維及び第2の炭素繊維の配向方向に対して斜交するように配向されるので、搬送用部材のねじれ剛性を高めることができる。その結果、ねじれ振動が低減され、ねじれ振動に対する振動減衰特性を向上させることができる。また、第3の炭素繊維の引張弾性率が、第1の炭素繊維の引張弾性率と同等であるので、搬送用部材の上記斜交方向の曲げ剛性を、長手方向に対する曲げ剛性と同程度に向上させることができるとなる。

**【0012】**また、第3の炭素繊維がピッチ系炭素繊維であり、コア層を構成する第3のCFRP層の体積がコア層全体の体積の好ましくは0～20容量%（第3のCFRP層を使用しない場合も有りうる。）、より好ましくは5～20容量%であるとより一層好適である。第3のCFRP層の体積割合が20容量%を超えると、搬送用部材のねじれ剛性の向上効果が飽和する傾向にある。よって、第3のCFRP層の体積割合を上記に範囲内とすることにより、第3のCFRP層の使用量に応じたねじれ剛性を、搬送用部材に対して確実に付与することができる。また、ピッチ系炭素繊維は第3の炭素繊維に求められる上記引張弾性率を極めて達成しやすいので、第3のCFRP層を確実に得ることができる。したがって、搬送用部材の長手方向の曲げ剛性及びねじれ振

手方向の曲げ剛性が要求され、第1の体積割合が50容量%未満となると、搬送用部材の長手方向の曲げ剛性を十分に確保することができない傾向にある。よって、スキン層における第1のCFRP層及び第2のCFRP層の体積割合を上記のような範囲とすることにより、搬送用部材の長手方向における十分な曲げ剛性を得ることができる。

**【0009】**まさらさらに、スキン層の厚さを $T_s$ とし、コア層の厚さを $T_c$ としたときに、下記式(1)に示す条件を満たすとより好適である。

**【0010】〈数1〉**

$$2 \leq T_s \leq (T_s + T_c) \times 0.4$$

動に対する振動減衰特性を十分に改善することができる。

**【0013】**なお、以下、「 $\pm \theta a^\circ \sim \pm \theta b^\circ$ 」と記した場合は、「 $+ \theta a^\circ \sim + \theta b^\circ$ 及び/又は $- \theta a^\circ \sim - \theta b^\circ$ 」であることを示す。すなわち、例えば、「 $\pm 75^\circ \sim \pm 90^\circ$ 」とは、「 $+ 75^\circ \sim + 90^\circ$ 及び/又は $- 75^\circ \sim - 90^\circ$ 」であることを示す。また、本20発明における炭素繊維の「引張弾性率」及び「引張強さ」はJIS R 7601に規定された方法で求められる値である。さらに、「繊維体積含有率」、「樹脂体積含有率」及び「空洞率」はJIS K 7075に規定された方法で求められる値である。またさらに、「曲げ弾性率」及び「曲げ強さ」とはJIS K 7074に規定された方法で求められる値であり、「対数振動減衰率」とは下記の方法によって求められる値である。

**【0014】〈曲げ振動に対する対数振動減衰率〉**平板状試験体の片持ちばかりを垂直に立てて下側を固定し、この片持ちばかりを大気中で振動させ（加振は電磁式トランデューサーを使用）、片持ちばかりの中央部の水平方向の変位を非接触型のセンサーで測定した。変位信号は、アンプ、ADコンバーターを介してパーソナルコンピューターに取り込ませた。変位信号をパーソナルコンピューターに取り込む際のサンプリングタイムは1 msec～10 msec、サンプリングポイント数は4096ポイントとした。そして、変位信号のサンプリングデータに基づき、下記式(2)に示す関係により対数振動減衰率Rを算出した。

**【0015】〈数2〉**

$$\text{式 (2)} \quad R = \ln (A_n / A_{n+1})$$

[ただし、 $A_n$ 及び $A_{n+1}$ は、振動波形の1周期ごとの振幅を示す。また、 $1n$ は10gであること（自然対数であること）を示す。]また、実際の計算において、近接する振幅の差が小さいときには、精度を向上させるため、間隔をあけた振動波形の振幅の比から求めた。このとき、対数振動減衰率Rは下記式(3)に示す関係により求められる。

**【0016】〈数3〉**

$$\text{式 (3)} \quad R = \{ \ln (A_n / A_{n+1}) \} / (m - n)$$

[ただし、 $A_n$ はn番目の振動波形の振幅を、 $A_m$ はm番目の振動波形の振幅を示し、 $n < m$ である。また、 $1_n$ は $10g$ であること（自然対数であること）を示す。]

**【0017】**〈ねじり振動に対する対数振動減衰率〉図6に示すように、歪みゲージ71を貼り付けた筒状試験体72を細径側を下にしておもり付き円盤73上に垂直に立て、太径側を万力74に固定した状態で、筒状試験体72を振動させる。このときのねじり歪みの振動波形を測定し、これに基づいて対数振動減衰率を算出する。ねじり歪みの測定は、純粋なねじり歪みが得られるよう $2\text{軸}0/90^\circ$ トルク測定用歪みゲージ2枚を用いて4アクティブゲージ法により行う。歪みゲージ71は筒状試験体72の細先端部から所定の距離の位置2カ所に貼り付ける（ひとつのみ図示）。歪み信号は、プリッヂボックス、動歪み計、ADコンバーターを介してパソコンコンピューターに取り込ませる。歪み信号をパソコンコンピューターに取り込む際のサンプリングタイムは $0.1\text{ msec}$ ～ $1\text{ msec}$ 、サンプリングポイント数は $1000$ ～ $8192$ ポイントとした。筒状試験体72の細先端は、周方向に質量が均等に配分されているおもり付き円盤73に、その中心と筒状試験体72の軸とが一致するように固定する。この円盤73上のおもり75の大きさ、材質、使用枚数を変えることによって、筒状試験体72の軸まわりの慣性モーメントを変えることができる。また、おもり付き円盤73の直径と円周との2つの交点に糸76を取り付け、曲げモーメントがかからないよう同時にそれら2本の糸76を引いて筒状試験体にねじりモーメントを与えた後に、そのモーメントを一気に開放し、自由減衰振動させる。ねじりの振動の測定は、力が開放された直後から数秒間行う。そして、上記曲げ振動に対する対数振動減衰率の算出方法と同様にして、ねじり振動に対する対数振動減衰率を算出する。

#### 【0018】

【発明の実施の形態】以下、添付図を参照して本発明の実施形態を説明する。なお、同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

**【0019】**図1は、本発明の搬送用部材に係る好適な実施形態を示す斜視図である。図1に示す搬送用部材1は、繊維強化プラスチック（以下、「FRP」という）で形成されたスキン層11a、11b間にコア層12が積層されて成っており、長手方向（X軸方向）の一方の先端部が2つに枝分かれした形状を有している（このような形状の搬送用部材は、一般にエフェクターと呼ばれる）。そして、この枝分かれした先端部上に、基板2が載せられるようになっている。また、搬送用部材1は、枝分かれしていない部位（以下、「手元部」という）が固定され、いわゆる片持ちばかりの状態で基板2を保持しながら搬送する。図2は、搬送用部材1による基板2の搬送状況を示す模式的な断面図である。搬送用部

材1は、その手元部が、支柱31と治具32a、32bとで構成される固定用具3に固定され、先端部に載せられた基板2を高温の電気炉4内に搬送し、基板2の焼成処理が行われる間その位置で基板2を保持し、焼成処理が終了すると基板2を電気炉4外へ搬送するようになっている。

**【0020】**図3は、図1のA部の構造を拡大して示す斜視図である。図3に示すように、スキン層11a、11bは、CFRPのプリプレグ111（第1のCFRP層）及びプリプレグ112（第2のCFRP層）が複数積層された構造を有している。プリプレグ111は、図1に示す搬送用部材1の長手方向（X軸方向）に対して $-20^\circ$ ～ $+20^\circ$ 、好ましくは $-10^\circ$ ～ $+10^\circ$ の角度範囲01（図1参照）に配向されたピッチ系炭素繊維（第1の炭素繊維）を強化繊維とし、且つ、ビスマレイミド樹脂をマトリックスとしたCFRPの一方向プリプレグである。また、プリプレグ111に用いられるピッチ系炭素繊維の引張弾性率及び引張強さは、それぞれ $500$ ～ $1000\text{ GPa}$ 及び $100$ ～ $600\text{ MPa}$ （好ましくは $3000$ ～ $6000\text{ MPa}$ ）とされている。さらに、スキン層11a、11bに用いられるプリプレグ111の合計体積は、スキン層11a、11b全体の体積の $50$ ～ $80$ 容量%となっている。

**【0021】**一方、プリプレグ112は、長手方向に対して $\pm 75^\circ$ ～ $\pm 90^\circ$ 、好ましくは $\pm 80^\circ$ ～ $\pm 90^\circ$ の角度範囲02（図1参照）に配向されたPAN系炭素繊維（第2の炭素繊維）を強化繊維とし、且つ、ビスマレイミド樹脂をマトリックスとしたCFRPの（一方向）プリプレグ又は一次元織物プリプレグである。また、プリプレグ112に用いられるPAN系炭素繊維の引張弾性率及び引張強さは、それぞれ $200$ ～ $400\text{ GPa}$ 及び $100$ ～ $600\text{ MPa}$ とされている。さらに、スキン層11a、11bに用いられるプリプレグ112の合計体積は、スキン層11a、11b全体の体積の $20$ ～ $50$ 容量%となっている。プリプレグ111、112は、図3に示すようにプリプレグ111が外側に、プリプレグ112が内側になるように積層されることが好ましく、また、複数のプリプレグ111、112が交互に積層されて成ってもよい。

**【0022】**また、スキン層11a、11bの合計厚さ、及びコア層12の厚さは、それぞれ、搬送用部材1の全体厚さ（後述するクロス層としてのプリプレグ113の厚さは除く）の $20$ ～ $40\%$ 及び $60$ ～ $80\%$ であると好ましい。すなわち、図3に示すようにスキン層11a、11bの厚さをそれぞれ $t_1$ 及び $t_2$ とし、コア層12の厚さを $T_c$ としたときに、これらの厚さが下記式(4)を満たすことが望ましい。

**【0023】**（数4）

$$\text{式 (4)} \quad T \times 0.2 \leq T_s \leq T \times 0.4$$

[ただし、 $T_s = t_1 + t_2$ であり、 $T = T_s + T_c$ で

ある。】

【0024】また、コア層12は、ハニカム状を成す心材121と、好ましくはプリプレグ123（第3のCFRP層）とが、図3に示すように積層されて成ることができる。プリプレグ123は、図1に示す搬送用部材1の長手方向（X軸方向）に対して±30°～±60°、好ましくは±35°～±55°、より好ましくは±40°～±50°の角度範囲03（図1参照）に配向されたピッチ系炭素繊維（第3の炭素繊維）を強化繊維とし、且つ、ビスマレイミド樹脂をマトリックスとしたCFRPである。また、プリプレグ123に用いられるピッチ系炭素繊維の引張弾性率及び引張強さは、それぞれ500～1000GPa、及び100～6000MPa（好ましくは3000～6000MPa）とされている。このプリプレグ123の合計体積は、コア層12全体の体積の好ましくは0～20容量%（プリプレグ123を使用しない場合も有りうる。）、特に好ましくは5～20容量%であると好適であり、このとき、心材121の体積はコア層12全体の体積の80～100容量%とされる。

【0025】そして、上記のように構成された搬送用部材1としての曲げ強さは、通常100～1000MPa、好ましくは200～800MPa、より好ましくは300～600MPaとなっており、曲げ弾性率は、通常3～800GPa、好ましくは20～700GPaを達成できるようになっている。また、面内長手方向の熱膨張係数は、通常 $-3.0 \sim 20 \times 10^{-6}^{\circ}\text{C}$ 、好ましくは $-2.0 \sim 10 \times 10^{-6}^{\circ}\text{C}$ 、より好ましくは $-1.0 \sim 7.0 \times 10^{-6}^{\circ}\text{C}$ とされている。

【0026】また、このような構成の搬送用部材1の製造方法としては、例えば、スキン層11a、コア層12、スキン層11bを構成するFRP等の層を順次成形して一体化された板状部材を作製し、この板状部材を所望の形状に機械加工することによって製造する方法が挙げられる。FRP層の成形方法としては、本実施形態のようにプリプレグを用いる場合にはオートクレーブ成形法又はプレス成形法が好適である。他の成形方法としては、公知のハンドレイアップ法をはじめ、RTM（レンタランスファーモールディング）法、FW（フィラメントワインディング）法、SMC（シートモールディングコンパウンド）法等が挙げられる。特に、各層の密着性を考慮すれば、プリプレグを用いたオートクレーブ成形法及びプレス成形法が好ましい。また、炭素繊維の高弾性率を最大限に發揮させるには、ロービングヤーンを使用することが好ましい。

【0027】このように構成された搬送用部材1によれば、プリプレグ111（第1のCFRP層）及びプリプレグ112（第2のCFRP層）のいずれかを単独で用いた場合に比べ、両者の組み合わせによる相乗効果によって、それらの引張弾性率から想定される以上に優れた

曲げ剛性が得られる。具体的には、同形状の従来の搬送用部材に比して、長手方向の曲げ弾性率が約2～10倍、短手方向の曲げ弾性率が約3～10倍に向上されるというように、曲げ剛性を格段に向上させることが可能となる。

【0028】また、CFRPのプリプレグは、成形体としたときに十分な振動減衰特性を発現することが望ましく、具体的な対数振動減衰率としては、炭素繊維のみを強化繊維とし、且つその繊維体積含有率が60容量%のCFRP（厚さ1.5mm）を試験体に用い、上述した「曲げ振動に対する対数振動減衰率」の測定に記したように一方向材片持ちばりの状態で、 $1000\mu\text{e}$ の曲げ歪みを加えたときの対数振動減衰率が、通常0.01～0.05、好ましくは0.02～0.05であることが望ましい。搬送用部材1のスキン層11a、11bに用いているプリプレグ111、及びコア層12に用いているプリプレグ123は、このような対数振動減衰率を発現することが可能であり、搬送用部材1の振動減衰特性が十分に高められる。

【0029】さらに、上記の如く曲げ剛性が格段に向上することによって、曲げ振動に対する搬送用部材1の振動減衰特性を格別に向上させることができる。またさらに、曲げ剛性が格段に向上されるので、搬送用部材1を電気炉4へ出し入れする際の熱衝撃によって搬送用部材1に熱荷重が印加されても、反りやたわみの発生を最小限に抑えることができる。さらにまた、曲げ剛性、及び曲げ振動に対する振動減衰特性が格段に向上されるので、CFRPの使用量を低減し、搬送用部材1をより軽量で取扱いやすいものにすることもできる。

【0030】またさらに、コア層12を構成するプリプレグ123のピッチ系炭素繊維が、プリプレグ111のピッチ系炭素繊維及びプリプレグ112のPAN系炭素繊維の配向方向に対して斜交するように配向されているので、搬送用部材1のねじれ剛性を高めることができる。その結果、ねじれ振動が低減され、ねじれ振動に対する搬送用部材1の振動減衰特性を向上させることができる。しかも、プリプレグ123のピッチ系炭素繊維の引張弾性率が、プリプレグ111のピッチ系炭素繊維の引張弾性率と同等であるので、搬送用部材1の上記斜交方向の曲げ剛性を、長手方向に対する曲げ剛性と同程度に向上させることができる。

【0031】さらにまた、プリプレグ111及びプリプレグ123の強化繊維としてピッチ系炭素繊維を用い、プリプレグ112の強化繊維としてPAN系炭素繊維を用いているので、それら各プリプレグの強化繊維に要求される引張弾性率が極めて達成されやすく、各プリプレグを確実に得ることができる。したがって、搬送用部材1の曲げ剛性、振動減衰特性等を十分に改善することが可能となる。さらに、スキン層11a、11bを構成するプリプレグ111の体積が、スキン層11a、11b

全体の体積の50～80容量%となっており、また、スキン層11a, 11bを構成する第2のCFRP層の体積が、スキン層11a, 11b全体の体積の20～50容量%となっているので、搬送用部材1の長手方向及び短手方向における曲げ剛性のバランスを良好に保つことが可能となる。

【0032】また、コア層12を構成するプリプレグ123の体積が、特に好ましくはコア層12全体の体積の5～20容量%であると、プリプレグ123の使用量に応じたねじれ剛性を、搬送用部材1に対して確実に付与することが可能となる。また、スキン層11a, 11bの合計厚さT<sub>s</sub>が上記式(4)に示す条件を満たすので、必要最小限のCFRP使用量で十分な曲げ特性及び振動減衰特性を達成でき、且つ、軽量性及び経済性にも優れた搬送用部材1を得ることができる。

【0033】さらに、プリプレグ111, 112の形態として一方向プリプレグのみではなく、二次元織物プリプレグをそれらの一部又は全部に用いれば、二次元織物プリプレグは、一般に各プリプレグ間の接着性を向上させることができるので、積層体である搬送用部材1の各層間の接合性が高められる。また、スキン層11a, 11bのプリプレグ112が一方向プリプレグではなく織物プリプレグであれば、両面が凸凹形状を有しているので、一方向プリプレグであるプリプレグ111との密着性を向上させることができる。また、スキン層11a, 11bの最表面側に位置するプリプレグを、表側が高織維密度且つ平滑であって、裏側が低織維密度且つ凸凹形状を有する二次元織物プリプレグとすれば、スキン層11a, 11bの平滑性が高められる。さらに、各プリプレグのマトリックスとしてビスマレイミド樹脂を用いているので、搬送用部材1の耐熱特性を一層向上させることが可能である。

【0034】ここで、スキン層11a, 11bの曲げ剛性及びねじり剛性を高めて搬送用部材1の曲げ剛性及びねじり剛性を更に向上させるために、搬送用部材1の長手方向に対して±30°～±60°、好ましくは±35°～±55°、より好ましくは±40°～±50°の角度範囲θ3(図1参照)に炭素繊維が配向したCFRPのプリプレグを、スキン層11a, 11bに付加してもよい。この炭素繊維としてはピッチ系炭素繊維が望ましく、プリプレグの形態としては、一方向プリプレグ及び／又は二次元織物プリプレグが挙げられ、それらを複数層積層して用いることができる。また、このプリプレグのスキン層11a, 11bに対する体積率は、好ましくは0～30容量% (このプリプレグ使用しない場合もありうる。)、特に好ましくは5～10容量%であると好適である。このとき、スキン層11a, 11bを構成するプリプレグ111, 112のそれぞれの体積率は、それらに好適な上述した範囲内で変動させることができること。

【0035】なお、プリプレグ111, 123を一方向プリプレグとし、プリプレグ112を二次元織物プリプレグ又は一方向プリプレグとしているが、プリプレグ111, 112, 123は、一方向プリプレグであっても、二次元織物プリプレグであっても構わない。また、二次元織物プリプレグの縦方向と横方向の織維密度は、両方ともに同程度であってもよいし、異なっていてもよく、横方向と縦方向の織維密度の比が、好ましくは60:40～98:2、より好ましくは65:35～90:10であることが望ましい。このような二次元織物プリプレグの織り組織については特に制限がなく、例えば、平織り、綾織り、朱子織り、織子織り、模紗織り、横しや織り等が用いられる。さらに、プリプレグ111, 112, 123は、他の一方向強化又は二次元強化のプリプレグとしてもよく、二次元強化のプリプレグとして、組布と呼ばれる不織布や他の不織布を使用してもよい。また、搬送用部材1を構成するスキン層11a, 11bが、一方向プリプレグ(プリプレグ111)と二次元織物プリプレグ(プリプレグ112)の積層体であるときには、諸物性のバランスをとるために、一方向プリプレグの方向と二次元織物プリプレグにおける高織維密度の方向を直交させると好適である。

【0036】また、スキン層11a, 11bの最外層であるプリプレグ111の更に外側(最表面)に、織維を含むクロス層としてのプリプレグ113を設けても好適である。このプリプレグ113の材料としては、引張弾性率が200～400GPaの炭素繊維、例えば、PAN系炭素繊維の織物が用いられ、その織り組織については特に制限がない。マトリックスとしてはビスマレイミド樹脂を用いると好適である。また、プリプレグ113から成る個々のクロス層の厚さは、0.1～0.7mmであることが望ましい。プリプレグ113が二次元織物プリプレグである場合には、例えば、朱子織りであって一方向の織維密度が高く、他方向の織維密度が低いものを用いることができる。このようにすると、スキン層11a, 11bの表面の平滑性、及び一方向プリプレグとの密着性の観点から好適である。このようなクロス層を搬送用部材1の最表面に設けると、搬送用部材1の表面のバリや毛羽立ちを防止することができる。

【0037】さらに、プリプレグ111, 112, 113, 123のマトリックスとしてビスマレイミド樹脂を採用しているが、他の樹脂であってもよく、熱硬化性樹脂及び熱可塑性樹脂の広い範囲から目的に応じて適宜選択することができる。熱硬化性樹脂としては、ビスマレイミド樹脂の他に、例えば、エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、エポキシアクリレート樹脂、ジアリルフタレート樹脂、フェノール樹脂、ビニルエステル樹脂、熱硬化性ポリイミド樹脂、メラミン樹脂等が挙げられる。そして、各プリプレグは、強化織維にこれら樹脂を単独で或いは2種以上混合したものを含浸させることに

より製造される。また、これらの樹脂には、物性や成形加工性を改良する目的で、可塑剤、安定剤、その他の各種添加物を加えてよい。

【0038】また、プリプレグ111, 112, 113, 123は、炭素繊維以外の他の強化繊維として、例えば、ガラス繊維、金属繊維、セラミック繊維等を更に含有していてもよい。ガラス繊維としては、Eガラス、Sガラス、Tガラス等各種のガラス繊維を用いることができ、弹性率の点では、各ガラス繊維とも大差がなく、また、経済性の観点からは、Eガラスが望ましい。金属繊維としては、ステンレス繊維、銅繊維、ニッケル繊維、チタン繊維、タンゲステン繊維等が挙げられ、セラミック繊維としては、炭化ケイ素繊維、アルミニナ繊維、炭化チタン繊維、窒化ホウ素繊維等を使用することができる。このような他の強化繊維を炭素繊維とともにプリプレグ111, 112, 113, 123に用いる場合には、炭素繊維の使用割合を、強化繊維の全体積の45容量%以上にする必要がある。炭素繊維の容量割合が45容量%未満であると、スキン層11a, 11bに求められる物性強度を得られないおそれがある。

【0039】また、スキン層11a, 11bにおける強化繊維、及びマトリックスである樹脂の好適な体積比は、強化繊維の繊維体積含有率V<sub>f</sub>が通常30~80容量%、好ましくは40~70容量%であり、また、樹脂の樹脂体積含有率V<sub>m</sub>が通常20~70容量%、好ましくは25~60容量%である。また、スキン層11a, 11bには、製造の際に、空洞(空隙)が不可避的に発生してしまうことがあり、このときの空洞率V<sub>v</sub>は、5容量%以下であると好ましく、特に、3容量%以下であることが望ましい。このような体積比にすれば、スキン層11a, 11bに必要な強度を発現できるCFRPを、確実に得ることが可能となる。

【0040】また、ハニカム状の心材121は、その形状や材質について特に制限ではなく、材質としては、アルミニウム等の金属、ガラス、ポリカーボネート、芳香族ポリアミド(米国デュポン社製の“ノメリックス”ハニカム等)、紙等が挙げられる。これらの材質から成る心材121は、例えば、金型内に熱可塑性樹脂を含むコンパウンドを充填し、その上にハニカム状に加工したものを受け、その上に更にコンパウンドを充填し、加熱、加圧成形することによって得られる。このとき、心材の主として表層部には若干量のコンパウンドが浸入し、そのまま固化する。このような心材121を用いることにより、コア層12のかさ比重を0.3~0.5程度とでき、搬送用部材1の軽量化を一層図ることができる。また他の材質から成るものとして、金属繊維、セラミックス繊維、ガラス繊維、炭素繊維又は他の有機質繊維等を用いた三次元繊物や繊維集合体から成るハニカム状的心材も好適である。これら繊維質のものは、プリプレグ111, 112, 113, 123のマトリックスに用いら

れる前述した樹脂による固定で強度を向上させて用いるより好ましい。

【0041】また、心材121はハニカム状以外の空隙を有するもの、例えば、多孔体、波板(コレゲート)状を成して空隙を有する構造体等を用いても好ましい。多孔体としては、例えば、ガラスバルーン、シラスバルーン、パーライト等の無機質中空フィラーが、不飽和ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂、エポキシ樹脂、熱硬化性ポリイミド樹脂、ビスマレイミド樹脂等の熱硬化性樹脂で結着されたもの、連続気泡又は独立気泡を有する金属、プラスチック又はガラス等から成る発泡体、凝固の制御や溶媒抽出法によって得られる多孔質のプラスチック、樹脂で固定された金属繊維、セラミックス繊維、ガラス繊維、炭素繊維又は他の有機質繊維等を用いた三次元繊物や繊維集合体等が用いられる。ガラス繊維としては、Eガラス、Sガラス、Tガラス等各種のガラス繊維を用いることができ、弹性率の点では、各ガラス繊維とも大差がなく、また、経済性の観点からは、Eガラスが望ましい。

【0042】さらに、コア層12には、心材121に加えて又は代わりに、FRPを用いることもできる。強化繊維としては、炭素繊維、ガラス繊維、セラミックス繊維、金属繊維等を使用できる。これらのうち、経済性の観点からはガラス繊維が好ましい。ガラス繊維としては、Eガラス、Sガラス、Tガラス等各種のガラス繊維を用いることができ、弹性率の点では、各ガラス繊維とも大差がなく、また、経済性の観点からは、Eガラスが望ましい。また、これらの繊維は、短繊維でも長繊維でもよく、連続繊維であってもよい。強化繊維の強化形態としては、一方向強化、二次元強化、マット、フェルト等を用いることができる。一方向強化としては一方向プリプレグが好ましく用いられ、二次元強化としては二次元繊物プリプレグを用いることが好ましい。また、一方向強化の場合、強化繊維は、通常、長手方向に配向される。

【0043】次に、多孔体等から成る心材を用いた搬送用部材の積層構造の一例を図4に示す。搬送用部材5は、スキン層51a, 51bとコア層52との積層体であり、図1に示す搬送用部材1と同様の形状を成している。また、スキン層51a, 51bは、搬送用部材1を構成するスキン層11a, 11bと同様の材質及び構成となっており、両者の最表面にはそれぞれクロス層53a, 53bが設けられている(ただし、クロス層53a, 53bはスキン層11a, 11bに含まれない)。そして、コア層52は、上述した多孔体から成る多孔体層52aと、CFRP及びガラス繊維強化プラスチック(以下、「GFRP」という)のプリプレグから成る積層体52bとで形成されている。このような多孔体層52aは、平均粒子径が100μm以下、且つ、かさ比重が0.5以下、好ましくは0.3以下であるよ

うな無機質中空フィラーと、未硬化の熱硬化性樹脂とを一様に混合して成るコンパウンドを、金型を用いて所望の形状に加熱及び加圧成形することによって製造すると好適である。このとき、無機質中空フィラーと樹脂との混合割合は、多孔体層 52a の形状、寸法、用途等によって異なるものの、通常は、重量比で 1 : 3 ~ 2 : 1 程度である。このようにすれば、多孔体層 52a の表面を平滑にでき、積層体 52b との接合性が向上されるとともに、一層の軽量化を図ることが可能となる。具体的には、上記のかさ比重の無機質中空フィラーを用いると、かさ比重が 0.4 ~ 0.6 程度と極めて軽量な多孔体層 52a が得られる。また、多孔体層 52a に上述のハニカム状を成す心材 121 を組み合わせて用いてもよい。そして、積層体 52b を構成する CFRP のプリプレグの全體積は、コア層 52 全体の体積の好ましくは 0 ~ 20 容量% (この CFRP のプリプレグを使用しない場合も有りうる。) 、特に好ましくは 5 ~ 20 容量% であると好適である。また、スキン層 51a, 51b の厚さ t<sub>1</sub> 及び t<sub>2</sub> と、コア層 52 の厚さ t<sub>c</sub> とは、前述の式 (4) で表される関係を満たすことが望ましい (ただし、この場合、t<sub>c</sub> が式 (4) の T<sub>c</sub> に相当する。)。

【0044】また、図 5 は、搬送用部材を筒状体とした場合の構成の一例を示す斜視図である。搬送用部材 6 は、上述したプリプレグ 111, 112 が積層されたスキン層 61 と、GFRP のプリプレグ 122 及び CFRP のプリプレグ 123 が積層されたコア層 62 とが巻回された筒状体である。また、搬送用部材 6 はコの字状を成しており、長手方向としての Z 軸方向 (筒状体の軸方向) に伸びた部分に上述の基板 2 が載せられるようになっており、その部分の径は、先端に向かって徐々に細くなっている。このような構成の搬送用部材 6 を形成する筒状体は、上記各プリプレグを、それらに含まれている炭素繊維の配向方向が Z 軸方向に対して前述した角度範囲となるように、例えば、マンドレル等に巻き付けることにより製造される。

【0045】また、振動減衰特性を高めるために、搬送用部材 6 に用いられるプリプレグ 111 として、細径端部からある程度径の太くなるまでの部分に引張弾性率が 500 ~ 1000 GPa のピッチ系炭素繊維 (第 1 の炭素繊維) を強化繊維として用いたプリプレグが配置され、残りの部分に主として引張弾性率 100 ~ 600 GPa の PAN 系炭素繊維を用いたプリプレグが配置された置換プリプレグシートを用いると好ましい。また、同一の置換プリプレグシート内では、図 5 に示すように巻回された状態において、上記ピッチ系炭素繊維が Z 軸方向に対して -20° ~ +20° 、好ましくは -10° ~ +10° の角度範囲に配向しており、このピッチ系炭素繊維の配向方向に対して PAN 系炭素繊維が、 -5° ~ 5° 、好ましくは -2° ~ 2° の相対的な角度範囲内、より好ましくは実質同じ方向に配向されると好適で

【0046】なお、上述した実施形態では、スキン層 11a, 11b を CFRP で形成し、コア層 12 を CFRP 及び心材で形成したが、スキン層 11a, 11b を CFRP, GFRP 及び心材で形成し、コア層 12 を CFRP で形成してもよい。また、コア層 12 を、 CFRP, GFRP 及び心材のうちいずれか一つの部材のみとしてもよく、 FRP としては他の繊維を含んでいてももちろんよい。さらに、搬送用部材 1, 5, 6 は、それぞれ 2 つに枝分かれした先端部、及び 2 つの言わばアーム部を有しているが、これら枝分かれした先端部及びアーム部の数は 2 つでなくともよく、 3 つ以上であっても構わない。また、平板状の搬送用部材 1 は枝分かれしていないともよい。またさらに、搬送用部材 1, 5, 6 の形状は基板等を載せることができれば、単純な平板状及び筒状以外の適宜形状としてもよい。また、スキン層 11a, 11b, 51a, 51b, 61 及びコア層 12, 52, 62 を構成する各プリプレグの積層枚数及び積層順序は図示したものに限定されるものではない。

## 【0047】

【実施例】以下、本発明に係る具体的な実施例について説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

## 【0048】(実施例 1)

(1) スキン層の作製：引張弾性率 800 GPa のピッチ系炭素繊維を一方向に引き揃えてビスマレイミド樹脂を含浸させて得た一方向プリプレグシートを、その強化方向が搬送用部材の長手方向となるべき方向に対して 0° (すなわち同方向) となるように、また、引張弾性率 230 GPa の PAN 系炭素繊維を一方向に引き揃えてビスマレイミド樹脂を含浸させて得た一方向プリプレグシートを、その強化方向が上記長手方向に対して 90° (すなわち直交方向) となるように、それぞれ複数を積層して、オートクレーブ処理し、厚さ約 1.2 mm のスキン層を作製した。なお、ピッチ系炭素繊維を用いた前者のプリプレグのコア層における体積割合は 75% とし、残りの 25% は PAN 系炭素繊維を用いた後者のプリプレグとした。

(2) コア層の作製：引張弾性率 600 GPa のピッチ系炭素繊維を一方向に引き揃えてビスマレイミド樹脂を含浸させて得た一方向プリプレグシートを、その強化方向が上記長手方向となるべき方向に対して ±45° となるように、且つ、コア層におけるこのプリプレグシートの体積割合が 5% となるように複数積層し、また、残りの部分にはビスマレイミド樹脂を含浸させたガラス繊維から成るプリプレグを複数積層して厚さ約 5.6 mm のコア層を作製した。

(3) 搬送用部材の作製：2 層の上記スキン層の間に上記コア層を配置させ接合し、さらに、両スキン層の表面に、 230 GPa の炭素繊維の織物 (朱子織り、厚さ

0.1 mm) を貼付してクロス層を形成させて積層体を得た。この積層体を図1に示す形状に加工し、長さ1000 mm×幅600 mm(ただし、枝分かれ部の幅約20 mm) ×厚さ約8.2 mmの搬送用部材1を作製した。

【0049】(熱衝撃試験) 上記搬送用部材1に、図1に示す基板2とほぼ同形状の黒鉛板(重量約1 kg)を載せ(位置は図1に示す基板2の位置)た状態で、図2に示す大気中200°Cの電気炉に10分間投入した。その後、炉外に取り出し、10分間室温に放置して空冷するという熱衝撃試験を50サイクル行った。その結果、反りや剥離等の異状は全く生じなかった。また、試験前後の重量変化も全くなかった。

【0050】次に、上記熱衝撃試験前後の搬送用部材1について、図2に示すような片持ちばりの状態で、先端両端部の自重たわみを測定した。その結果、両端部とも衝撃試験前後のたわみ量に変化はなく、熱衝撃試験の前後における熱荷重によるたわみの増加が生じないことが

項目	実施例1	比較例1
曲げ弾性率(長手方向)	230 GPa	110 GPa
曲げ弾性率(短手方向)	50 GPa	10 GPa

【0054】(実施例2) 全体の厚さを1.5 mmとした(ただし、各プリプレグシートの体積割合、及びスキン層とコア層の厚さの比は実施例1と同様)こと、及び、クロス層を設けなかたこと以外は、上記実施例1と同様にして積層体を作製した。

【0055】(比較例2) 全体の厚さを1.5 mmとしたこと、及び、クロス層を設けなかたこと以外は上記比較例1と同様にして積層体を作製した。

【0056】(振動試験) 上記実施例2及び上記比較例2で作製した各搬送用部材を試験体として用い、この試験体に曲げひずみとして1000  $\mu\epsilon$  を印加し、前述したような測定及び算出方法により、曲げ振動に対する対数振動減衰率を求めた。その結果、実施例2の対数振動減衰率は約0.03であり、一方、比較例2の対数振動減衰率は約0.009であった。このように、実施例2は比較例2の3倍強の対数振動減衰率を示した。この結果より、本発明の搬送用部材は、曲げ振動に対する振動減衰特性が従来に比して格段に向上されていることが確認された。

#### 【0057】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、軽量で取扱いやすいとともに、曲げ剛性、振動減衰特性

確認された。以上の熱衝撃性試験の結果より、本発明の搬送用部材は十分な耐熱特性を有していることが理解される。

【0051】(比較例1) 引張弾性率230 GPaのピッチ系炭素繊維を一方向に引き揃えてビスマレイミド樹脂を含浸させて得た一方向プリプレグシートを、その強化方向が上記長手方向に対して0°方向(すなわち同方向)となるように複数積層した後、この両面に上記実施例1と同じクロス層を形成させた厚さ約8.2 mmの積層体を、上記実施例1と同形状に加工して搬送用部材を作製した。

【0052】(曲げ試験) 上記実施例1及び上記比較例1で作製した各搬送用部材を試験体として用い、曲げ弾性率を求めた結果を下記表1に示す。この試験結果より、本発明の搬送用部材は、曲げ剛性が従来に比して格段に向上されていることが確認された。

#### 【0053】

##### 【表1】

及び耐熱特性に極めて優れ、高温環境で大型の基板等を搬送する用途に十分適した搬送用部材を得ることができる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の搬送用部材に係る一実施形態を示す斜視図である。

【図2】本発明の搬送用部材に係る一実施形態による基板の搬送状況を示す模式的な断面図である。

【図3】図1のA部の構造を示す斜視図である。

【図4】本発明の搬送用部材に多孔体等から成る心材を用いた場合の積層構造の一例を示す斜視図である。

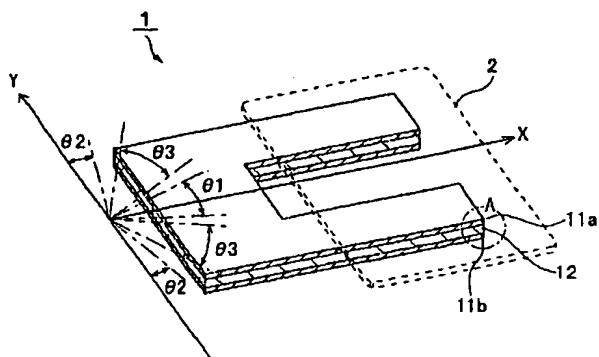
【図5】本発明の搬送用部材を筒状体とした場合の構成の一例を示す斜視図である。

【図6】本発明におけるねじり振動に対する対数振動減衰率の測定を示す模式図である。

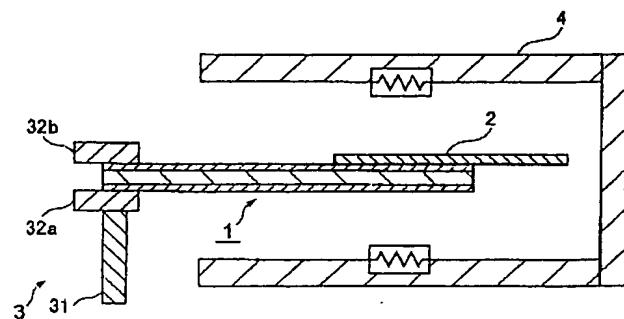
##### 【符号の説明】

1, 5, 6…搬送用部材、11a, 11b, 51a, 51b, 61…スキン層、12, 52, 62…コア層、111…プリプレグ(第1のCFRP層)、112…プリプレグ(第2のCFRP層)、123…プリプレグ(第3のCFRP層)。

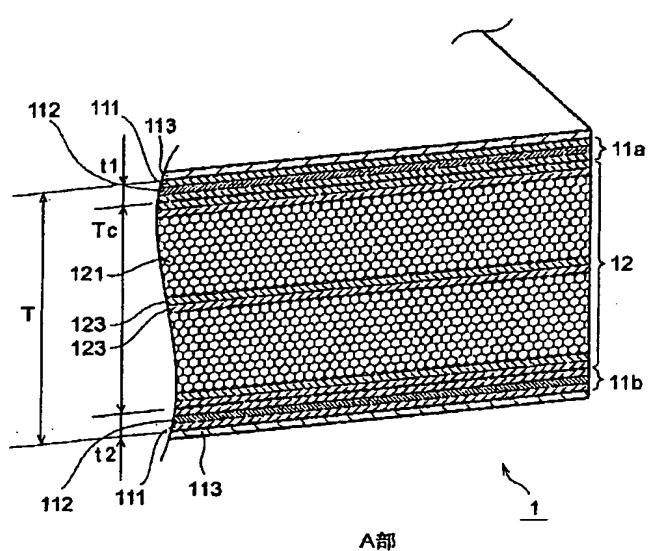
【図 1】



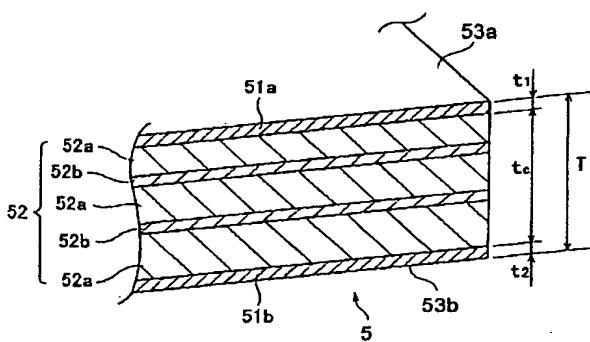
【図 2】



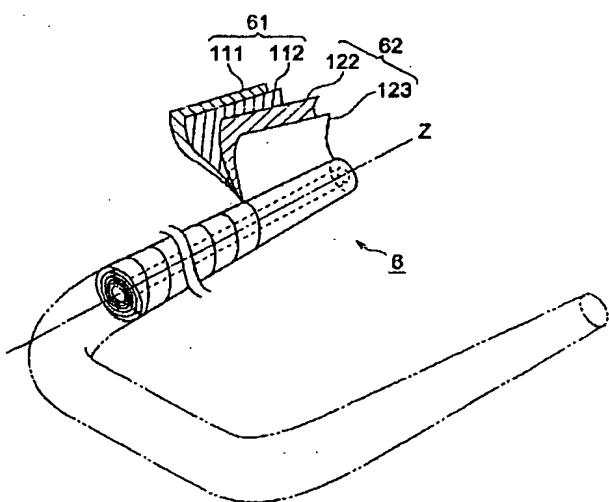
【図 3】



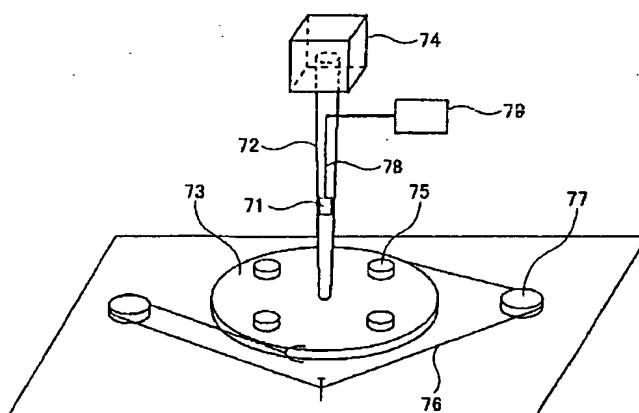
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(72) 発明者 内田 大介

東京都港区西新橋一丁目 3番12号 日石三

菱株式会社技術開発部内

F ターム(参考) 3F061 AA01 BA02 BE05 BF00 DB00

DB04 DB06

5F031 CA02 CA05 GA32